Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

IN – VITRO – UNTERSUCHUNGEN ZUR FRAGE DER WÄRMEENTWICKLUNG BEIM AUSBOHREN VON AMALGAMFÜLLUNGEN

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Roland Österle
aus Göppingen

1978

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

IN – VITRO – UNTERSUCHUNGEN ZUR FRAGE DER WÄRMEENTWICKLUNG BEIM AUSBOHREN VON AMALGAMFÜLLUNGEN

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Roland Österle
aus Göppingen

1978

Dekan: Professor Dr. H.-E. Hoffmeister
Berichterstatter: Professor Dr. R. Mayer
(Professor Dr. Dr. P. Riethe)

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinen Eltern, meinen Lehrern
und Ausbildern in Dankbarkeit
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2.	LITERATURÜBERSICHT	2
2.1.	Grundlagen der Zerspanungslehre	2
2.2.	Wärme und Gewebeschädigung	4
3.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	6
3.1.	Meßapparatur und Methodik	6
3.2.	Versuchsablauf	6
4.	ERGEBNISSE	12
4.1.	Statistik	12
4.2.	Bohren ohne Kühlung	13
4.3.	Bohren mit Kühlung	20
5.	DISKUSSION	37
6.	PRAKTISCHE BEDEUTUNG DER ERGEBNISSE	44
7.	ZUSAMMENFASSUNG	47
8.	LITERATURVERZEICHNIS	48
9.	ANHANG / TABELLEN	54
	Lebenslauf	

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Legierungen des Quecksilbers mit einem oder mehreren Metallen, sogenannte Amalgame, zählen nach wie vor zu den meist verwendeten Füllungsmaterialien in der Zahnerhaltungskunde.

Müssen Amalgamfüllungen entfernt werden, dann erfolgt dies mit Bohrern in unterschiedlichen Drehzahlbereichen. Hierbei kann die entstehende Reibungswärme eine Schädigung der Zahngewebe verursachen.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, inwieweit Zusammenhänge bestehen zwischen Temperaturanstieg, Ausbohrzeit, Kühlung, Drehzahl und Arbeitstechnik.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Grundlagen der Zerspanungslehre

Da die Entfernung von Amalgamfüllungen mit Hilfe rotierender Werkzeuge erfolgt, müssen die Gesetze der Zerspanungslehre Gültigkeit haben. Entsprechende Untersuchungen von ADLER, F. (1), BARTLING, G. (2), FISCHER, U. (7), FIBIG, K.H. (8), FUHR, K. (9), GÄRTNER, D. (10), HOFMANN, M. (13,14), KIMMEL, K. (16), LAMPERT, R. und HAHNE, K. (18), POLMAN-MOOY, A.C. (26) und SCHUBERT, L. (30) können dies bestätigen. Ihre Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die von rotierenden Werkzeugen erbrachte Leistung (Zerspanungsleistung) läßt sich steigern, indem
  - die Vorschubkraft verstärkt,
  - die Drehzahl des Instrumentes erhöht,
  - der Durchmesser des Instrumentes vergrößert wird,

  und indem
  - intermittierend gearbeitet und
  - mit Wasser gekühlt wird.

- Eine Steigerung der Zerspanungsleistung führt in der Regel zu vermehrter Erzeugung von Reibungswärme. (Als Ausnahme gilt die Leistungssteigerung, die durch intermittierende Arbeitstechnik bzw. durch Kühlung mit Wasser erfolgt).

- Vermehrte Wärmeerzeugung ist verbunden mit einem Anstieg der Temperatur.

- Der durch rotierende Werkzeuge verursachte Temperaturanstieg läßt sich einschränken, indem
  mit Wasser gekühlt,
  intermittierend gearbeitet und
  der Durchmesser des Instrumentes vergrößert wird.

Nach EICHNER, K. (6) sind diese Ergebnisse unter Praxisbedingungen nicht uneingeschränkt anwendbar. Aus technischen Gründen ist eine Steigerung der Zerspanungsleistung nur begrenzt möglich, da mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit (Produkt aus Umfang und Drehfrequenz des rotierenden Instrumentes) die Durchzugskraft der antreibenden Geräte, insbesondere der Turbinen, stark abfällt.

2.2. Wärme und Gewebeschädigung

Untersuchungen von EICHNER, K. (6), HUNKIRCHEN, M. (15), KLOTZER, W.T. (17), LAURICHESSE, J.M. et BUQUET, J. (19), LISANTI, V.F. and ZANDER, H.A. (21), MAYER, A. (22), RATEITSCHAK, K.H., KÖNIG, K.G. und MÜHLMANN, H.R. (27), RAUBER, G. (28), RIETHE, P. (29), STEIN, U. (31), TRONSTADT, L. and LEIDAL, T. (32) und WEDER, M. (33), weisen auf die Zusammenhänge zwischen Wärmeentwicklung und Gewebeschädigung hin. Es konnte gezeigt werden, daß fortschreitender Temperaturanstieg eine Vermehrung entzündlicher Gewebeveränderungen verursacht, sobald die "Kritische Grenze" überschritten ist.

Als "Kritische Grenze" für die Temperatur im Dentin muß nach DE APRILE, E.C. (4), HENSCHEL, C.J. (12) und LISANTI, V.F. and ZANDER, H.A. (20,21) ein Wert von 53°C (127°F) angenommen werden.

Wird nämlich der Boden einer Kavität auf eine Temperatur von 53°C (127°F) erwärmt, dann steigt nach LISANTI, V.F. and ZANDER, H.A. (20,21) unter bestimmten Bedingungen die Temperatur in der Pulpa auf 44,7°C (112,4°F). Herrschen jedoch in der Pulpa Temperaturen von 45°C (113°F), so zeigen sich nach DE APRILE, E.C. (4) im Pulpengewebe bereits verschiedene Zeichen der lokalen Entzündung.

Außerdem liegen Dentintemperaturen über 54,4°C (130°F) bereits jenseits der von HENSCHEL, C.J. (12) angegebenen "thermal tolerance zone" für das Dentin, d.h. sie verursachen die von RAUBER, G. (28) beschreibenen Verbrennungszonen mit ihrer Gefahr einer sekundären Schädigung der Pulpa durch toxische Abbauprodukte.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Meßapparatur und Methodik

Unsere Untersuchungen wurden an den auf GANTNER, K. (11) zurückgehenden genormten Amalgamfüllungen (Abbildung 3,4) in der von MAYER, R. (23,24) entwickelten künstlichen Mundhöhle (Abbildung 1,2,3) mit Hilfe einer von PANGIDIS, C. (25) konstruierten Apparatur (Abbildung 1,2,3) vorgenommen.
Zur Herstellung der Normfüllungen benützten wir Standalloy Silberamalgam der Firma Degussa. Die Messungen erfolgten auf thermoelektrischem Wege. Das Meßgerät bestand aus einem Eisen-Konstantan-Thermoelement als Temperaturfühler (Abbildung 1,3) und dem Vielfach-Kompensationsschreiber "Multicorder Modell MC 611" als Temperaturmeß- und -registriergerät (Abbildung 1).

Einen Überblick über die gesamte Versuchsapparatur vermittelt Abbildung 1.

3.2. Versuchsablauf

Wir führten insgesamt 360 Einzelversuche in 36 Versuchsreihen durch. Ein Versuch war beendet, wenn eine Bohrtiefe von 2 mm erreicht war. Gemessen wurden der Temperaturanstieg und die Ausbohrzeiten in Abhängigkeit von folgenden

Faktoren:

- Kühlung.

  Die Versuche wurden je zur Hälfte mit bzw. ohne Wasserkühlung durchgeführt.

- Drehzahl.

  Die Versuche wurden je zur Hälfte mit einer Drehzahl von 120 000 U/Min. (Siemens-Sirona-Schnellaufwinkelstück 120 E rot) bzw. mit einer Drehzahl von 300 000 U/Min. (Siemens-Sirona-Turbine) durchgeführt.

- Bohrperiode.

  Die Bohrperiode betrug je zur Hälfte der Versuche 60 U/Min. bzw. 150 U/Min.

- Vorschubkraft.

  Als Vorschubkraft wählten wir
  im Drehzahlbereich 120 000 U/Min. eine Kraft von
  30p, 50p, 100p, 200p, 300p und 400p,
  im Drehzahlbereich 300 000 U/Min. eine Kraft von
  30p, 50p und 100p.

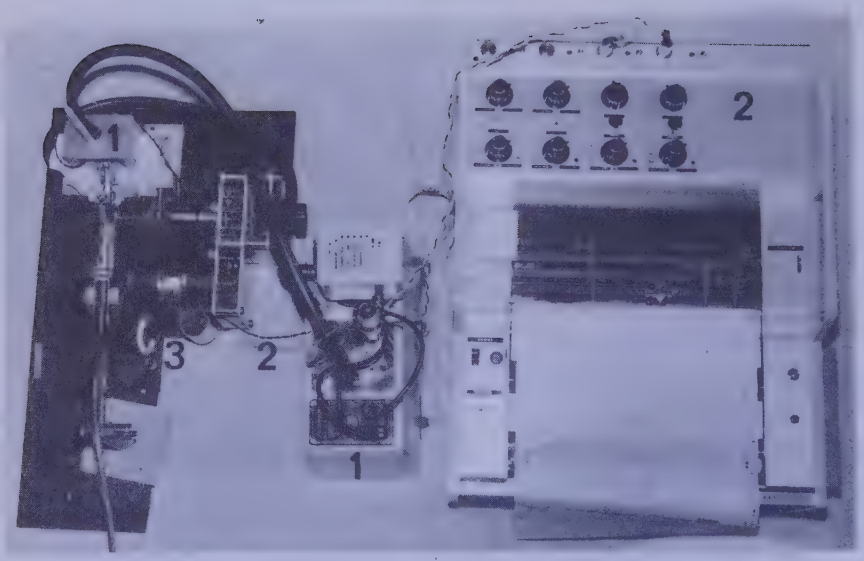

ABBILDUNG 1

Übersicht über die gesamte Versuchseinrichtung mit der Künstlichen Mundhöhle, dem Temperaturmeßgerät und der Bohrmaschine

1 Künstliche Mundhöhle und Thermostat

2 Temperaturmeßgerät mit Thermoelement als Temperaturfühler und Vielfach-Kompensationsschreiber als Temperaturmeß- und -registriergerät

3 Bohrmaschine

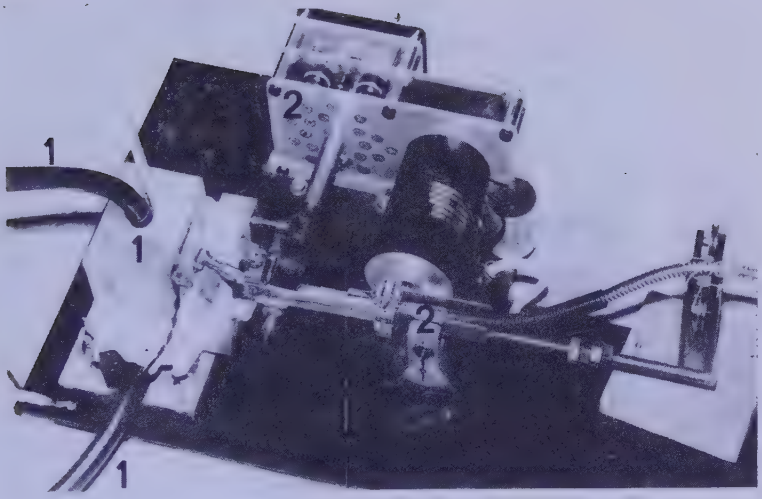

ABBILDUNG 2

Die Künstliche Mundhöhle und die Bohrmaschine

1 Künstliche Mundhöhle mit Wasserverbindungsschläuchen "vom" und "zum" Thermostaten und und Kunststoffhalterung zur Aufnahme der genormten Amalgamfüllungen

2 Bohrmaschine mit Winkelstück, Bohrschlitten, Excenter und Schaltgetriebe

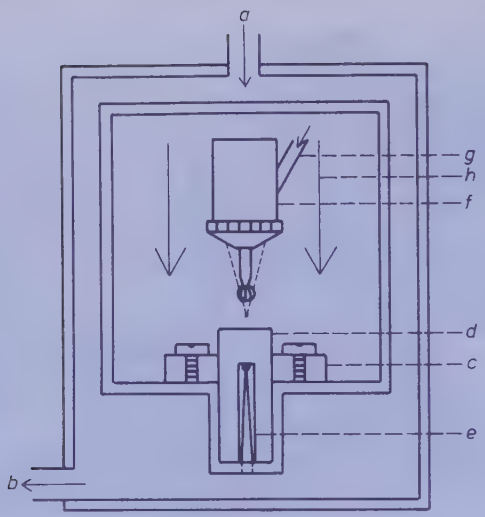

ABBILDUNG 3:
Schematische Darstellung der künstlichen Mundhöhle mit der Halterung zur Aufnahme der genormten Amalgamfüllungen

a) *Verbindungsschlauch "vom" Thermostaten*
b) *Verbindungsschlauch "zum" Thermostaten*
c) *Kunststoffhalterung zur Aufnahme des Amalgamprüfkörpers*
d) *Genormte Amalgamfüllung*
e) *Temperaturfühler des Thermoelementes*
f) *Winkelkopf mit Hartmetallrosenbohrer*
g) *Anschluß für das Kühlwasser vom Thermostaten*
h) *Bewegungsrichtung des Bohrers*

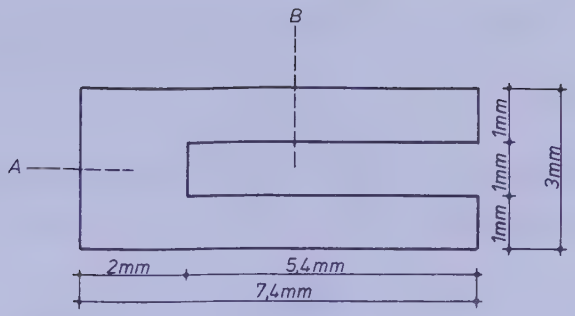

ABBILDUNG 4:
Schematische Darstellung der genormten Amalgamfüllung im Maßstab 10:1
(Schnitt durch die Längsachse des Bohrkanals)

A Amalgamprüfkörper
B Bohrkanal zur Aufnahme des Themperaturfühler

4. ERGEBNISSE

4.1. Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse gehen auf die "Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik" nach CAVALI-SFORZA, L. (3) und die "Grundbegriffe der Meßtechnik" nach D I N (5) zurück.

Danach ergibt sich der Mittelwert $\bar{x}$ (arithmetisches Mittel) einer Meßreihe mit n Einzelwerten $x_1 \,..\, x_i \,..\, x_n$ aus:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i$$

Der Vertrauensbereich des Mittelwertes (Bereich um das arithmetische Mittel, in welchem mit einer vereinbarten Aussagewahrscheinlichkeit - Statistische Sicherheit - von P = 95 % der wirkliche Meßwert zu erwarten ist) ergibt sich aus:

$$\text{Vertrauensbereich} = \pm\, s \cdot \frac{t}{\sqrt{n}}$$

Hierbei gilt:

s = Standardabweichung.

Darunter versteht man eine Rechengröße für die zufällige Abweichung der Einzelwerte von ihrem Mittelwert. Sie läßt sich berechnen aus:

$$s = + \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

t = konstanter Faktor bei Normalverteilung (GAUSS-Verteilung) in Abhängigkeit von der Aussagewahrscheinlichkeit (Statistische Sicherheit) P und der Anzahl der

Einzelmessungen n. Er berücksichtigt die Unsicherheit bei der Berechnung von s, die durch die nicht unendliche Zahl der Meßwerte hervorgerufen wird. Für $t/\sqrt{n}$ gilt bei einer gewählten Aussagewahrscheinlichkeit (Statistische Sicherheit) von P = 95 %:

$t/\sqrt{n}$ = 0,72 wenn n = 10

$t/\sqrt{n}$ = 0,77 wenn n = 9

$t/\sqrt{n}$ = 0,84 wenn n = 8

4.2. Bohren ohne Kühlung

(Tabelle 1 - 4)

4.2.1. "Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

Aus Tabelle 1 wird deutlich:

Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich 9,8°C ± 0,4°C bei einer Vorschubkraft von 100p und 32,0°C ± 5,0°C bei einer Vorschubkraft von 400p.

Bei Vorschubkräften von 30p, 50p, 200p bzw. 300p wurde ein Temperaturanstieg von 10,6°C ± 0,7°C, 11,0°C ± 0,5°C, 14,5°C ± 0,8°C bzw. 10,8°C ± 0,8°C gemessen.

Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 66,0 s ± 6,0 s bei einer Vorschubkraft von 30p und 2,8 s ± 0,4 s, 17,0 s ± 3,0 s bzw. 3,3 s ± 0,3 s gemessen.

Die genannten Werte beziehen sich auf eine Mundhöhlentemperatur von 30,5°C - 31,0°C und eine Bohrtiefe von 2 mm.

4.2.2. "Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

Aus Tabelle 2 wird deutlich:
Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich $8,9^{o}C \pm 0,2^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 100p und $16,0^{o}C \pm 3,0^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 400p.

Bei Vorschubkräften von 30p, 50p, 200p bzw. 300p wurde ein Temperaturanstieg von $11,4^{o}C \pm 0,5^{o}C$, $10,6^{o}C \pm 0,4^{o}C$, $10,9^{o}C \pm 0,6^{o}C$ bzw. $11,4^{o}C \pm 0,9^{o}C$ gemessen.

Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 122,0 s ± 15,0 s bei einer Vorschubkraft von 30p und 1,8 s ± 0,1 s bei einer Vorschubkraft von 400p.

Bei Vorschubkräften von 50p, 100p, 200p bzw. 300p wurden Ausbohrzeiten von 12,9 s ± 0,6 s, 5,3 s ± 0,3 s, 2,6 s ± 0,1 s bzw. 2,5 s ± 0,2 s gemessen.

Die genannten Werte beziehen sich auf eine Mundhöhlentemperatur von $30,5^{o}C - 31,0^{o}C$ und eine Bohrtiefe von 2 mm.

TABELLE 1

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	10,6 ± 0,7	66,0 ± 6,0
50	11,0 ± 0,5	34,7 ± 1,7
100	9,8 ± 0,4	6,1 ± 0,4
200	14,5 ± 0,8	17,0 ± 3,0
300	10,8 ± 0,8	3,3 ± 0,3
400	32,0 ± 5,0	2,8 ± 0,4

TABELLE 2

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min.,
Bohrperiode 150/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	11,4 ± 0,5	122,0 ± 15,0
50	10,6 ± 0,4	12,9 ± 0,6
100	8,9 ± 0,2	5,3 ± 0,3
200	10,9 ± 0,6	2,6 ± 0,1
300	11,4 ± 0,9	2,5 ± 0,2
400	16,0 ± 3,0	1,8 ± 0,1

4.2.3. "Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

Aus Tabelle 3 wird deutlich:
Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich $48,0^{o}C \pm 3,0^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 30p und $35,7^{o}C \pm 2,2^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 100p.

Bei einer Vorschubkraft von 50p wurde ein Temperaturanstieg von $47,0^{o}C \pm 3,0^{o}C$ gemessen.
Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 49,0 s $\pm$ 10,0 s bei einer Vorschubkraft von 30p und 4,1 s $\pm$ 0,6 s bei einer Vorschubkraft von 100p.
Bei einer Vorschubkraft von 50p wurde eine Ausbohrzeit von 14,0 s $\pm$ 2,4 s gemessen.
Die genannten Werte beziehen sich auf eine Mundhöhlentemperatur von $30,5^{o}C$ - $31,0^{o}C$ und eine Bohrtiefe von 2 mm.

4.2.4. "Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

Aus Tabelle 4 wird deutlich:
Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich $31,8^{o}C \pm 2,4^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 30p und $17,4^{o}C \pm 1,1^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 50p.
Bei einer Vorschubkraft von 100p wurde ein Temperaturanstieg von $21,2^{o}C \pm 1,9^{o}C$ gemessen.
Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 12,0 s $\pm$ 1,6 s bei einer Vorschubkraft von 30p und 3,5 s $\pm$ 0,5 s bei einer Vorschubkraft von 100p.

Bei einer Vorschubkraft von 50p wurde eine Ausbohrzeit von 4,7 s $\pm$ 0,5 s gemessen.

Die genannten Werte beziehen sich auf eine Mundhöhlentemperatur von 30,5°C - 31,0°C und eine Bohrtiefe von 2 mm.

TABELLE 3

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	48,0 ± 3,0	49,0 ± 10,0
50	47,0 ± 3,0	14,0 ± 2,4
100	35,7 ± 2,2	4,1 ± 0,6

TABELLE 4

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	31,8 ± 2,4	12,0 ± 1,6
50	17,4 ± 1,1	4,7 ± 0,5
100	21,2 ± 1,9	3,5 ± 0,5

4.3. Bohren mit Kühlung

(Tabelle 5 - 8)

4.3.1. "Bohren mit Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

Aus Tabelle 5 wird deutlich:
Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich $0,8^{o}C \pm 0,2^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 30p und $6,3^{o}C \pm 1,0^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 400p.
Bei Vorschubkräften von 50p, 100p, 200p, bzw. 300p wurde ein Temperaturanstieg von $1,0^{o}C \pm 0,1^{o}C$, $1,9^{o}C \pm 0,2^{o}C$, $3,7^{o}C \pm 0,4^{o}C$ bzw. $5,6^{o}C \pm 1,2^{o}C$ gemessen.
Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 211,0 s $\pm$ 24,0 s bei einer Vorschubkraft von 30p und 1,0 s $\pm$ 0,0 s bei einer Vorschubkraft von 400p.
Bei Vorschubkräften von 50p, 100p, 200p bzw. 300p wurden Ausbohrzeiten von 15,6 s $\pm$ 2,8 s, 26,0 s $\pm$ 4,0 s, 2,0 s $\pm$ 0,0 s bzw. 1,8 s $\pm$ 0,3 s gemessen.
Die genannten Werte beziehen sich auf eine Mundhöhlentemperatur von $30,5^{o}C$ - $31,0^{o}C$ und eine Bohrtiefe von 2 mm.

4.3.2. "Bohren mit Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

Aus Tabelle 6 wird deutlich:
Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich $0,7^{o}C \pm 0,2^{o}C$ bei einer Vorschubkraft von 30p und $6,5^{o}C$

± 1,1°C bei einer Vorschubkraft von 300p.
Bei Vorschubkräften von 50p, 100p, 200p bzw. 400p wurde ein Temperaturanstieg von 1,1°C ± 0,1°C, 2,1°C ± 0,4°C, 4,0°C ± 0,1°C bzw. 4,7°C ± 0,7°C gemessen.

Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 93,0 s ± 20,0 s bei einer Vorschubkraft von 30p und 1,2 s ± 0,0 s bei einer Vorschubkraft von 400p.

Bei Vorschubkräften von 50p, 100p, 200p bzw. 300p wurden Ausbohrzeiten von 21,2 s ± 1,6 s, 3,8 s ± 0,9 s, 1,8 s ± 0,2 s bzw. 1,2 s ± 0,1 s gemessen.

Die genannten Werte beziehen sich auf eine Bohrtiefe von 2 mm und eine Mundhöhlentemperatur von 30,5°C - 31,0°C.

4.3.3. "Bohren mit Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

Aus Tabelle 7 wird deutlich:
Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich 7,2°C ± 0,5°C bei einer Vorschubkraft von 30p und 17,6°C ± 2,0°C bei einer Vorschubkraft von 100p.
Bei einer Vorschubkraft von 50p wurde ein Temperaturanstieg von 8,1°C ± 1,1°C gemessen.
Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 55,0 s ± 8,0 s bei einer Vorschubkraft von 50p und 3,6 s ± 0,4 s bei einer Vorschubkraft von 100p.
Bei einer Vorschubkraft von 30p wurde eine Ausbohrzeit

von 47,0 s ± 14,0 s gemessen.

Die genannten Werte beziehen sich auf eine Mundhöhlentemperatur von 30,5°C - 31,0°C und eine Bohrtiefe von 2 mm.

4.3.4. "Bohren mit Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

Aus Tabelle 8 wird deutlich:
Als Grenzwerte für den Temperaturanstieg ergaben sich 5,6°C ± 0,5°C bei einer Vorschubkraft von 30p und 13,9°C ± 1,2°C bei einer Vorschubkraft von 100p.
Bei einer Vorschubkraft von 50p wurde ein Temperaturanstieg von 6,1°C ± 0,8°C gemessen.
Als Grenzwerte für die Ausbohrzeit ergaben sich 12,5 s ± 1,7 s bei einer Vorschubkraft von 50p und 1,8 s ± 0,4 s bei einer Vorschubkraft von 100p.
Bei einer Vorschubkraft von 30p wurde eine Ausbohrzeit von 9,7 s ± 1,3 s gemessen.

Die genannten Werte beziehen sich auf eine Mundhöhlentemperatur von 30,5°C - 31,0°C und eine Bohrtiefe von 2 mm.

TABELLE 5

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren mit Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	0,8 ± 0,2	211,0 ± 24,0
50	1,0 ± 0,1	15,6 ± 2,8
100	1,9 ± 0,2	26,0 ± 4,0
200	3,7 ± 0,4	2,0 ± 0,0
300	5,6 ± 1,2	1,8 ± 0,3
400	6,3 ± 1,0	1,0 ± 0,0

TABELLE 6

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren mit Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	0,7 ± 0,2	93,0 ± 20,0
50	1,1 ± 0,1	21,2 ± 1,6
100	2,1 ± 0,4	3,8 ± 0,9
200	4,0 ± 0,1	1,8 ± 0,2
300	6,5 ± 1,1	1,2 ± 0,1
400	4,7 ± 0,7	1,2 ± 0,0

TABELLE 7

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren mit Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	7,2 ± 0,5	47,0 ± 14,0
50	8,1 ± 1,1	55,0 ± 8,0
100	17,6 ± 2,0	3,6 ± 0,4

TABELLE 8

Die Mittelwerte der Versuchsreihe

"Bohren mit Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

mit ihrem Vertrauensbereich.

Angewandte Belastung (p)	Temperatur-anstieg (^{o}C)	Ausbohr-zeit (s)
30	5,6 ± 0,5	9,7 ± 1,3
50	6,1 ± 0,8	12,5 ± 1,7
100	13,9 ± 1,2	1,8 ± 0,4

4.4. Vergleicht man die vorliegenden Untersuchungsergebnisse anhand der Abbildungen 5 bis 8, so zeigt sich deutlich ihre Abhängigkeit von Kühlung, Drehzahl, Bohrperiode und Vorschubkraft:

4.4.1. Bohren mit Kühlung - Bohren ohne Kühlung

Aus Abbildung 5 und 6 wird deutlich:
Der Temperaturanstieg ist wesentlich höher, wenn trocken gearbeitet wird, er nimmt stark ab, wenn mit Wasser gekühlt wird.

Aus Abbildung 7 und 8 wird deutlich:
Die Ausbohrzeit ist länger, wenn trocken gearbeitet wird, sie nimmt ab, wenn mit Wasser gekühlt wird, sofern das Schnellaufwinkelstück mit Vorschubkräften von 200p, 300p bzw. 400p angewandt wird.

Bei Anwendung einer Vorschubkraft von 30p bzw. 100p ist die Ausbohrzeit relativ lang, wenn trocken mit einer Drehzahl von 300 000 U/Min. bzw. mit einer Drehzahl von 120 000 U/Min. und einer Bohrperiode von 60/Min. gearbeitet wird.
Bei einer Vorschubkraft von 50p zeigen sich genau die umgekehrten Verhältnisse, d.h. bei einer Drehzahl von 120 000 U/Min. in Kombination mit einer Bohrperiode von 60/Min. ist beim Bohren ohne Kühlung eine längere Ausbohrzeit festzustellen.

4.4.2. Drehzahl 300 000 U/Min. - Drehzahl 120 000 U/Min.

Aus Abbildung 5 und 6 wird deutlich:
Der Temperaturanstieg ist wesentlich höher, wenn mit der Turbine (300 000 U/Min.) gearbeitet wird, er nimmt stark ab, wenn das Schnellaufwinkelstück (120 000 U/Min.) benützt wird.
Aus Abbildung 7 und 8 wird deutlich:
Die Ausbohrzeit ist kürzer, wenn mit der Turbine (300 000 U/Min.) gearbeitet wird, sie nimmt stark zu, wenn das Schnellaufwinkelstück (120 000 U/Min.) benützt wird.

Als Ausnahme zeigt sich, daß beim Vergleich der Versuchsreihen "Bohren mit Kühlung, Bohrperiode 60/Min., Drehzahl 300 000 U/Min. bzw. 120 000 U/Min." bei einer Vorschubkraft von 50p die Ausbohrzeit für die Turbine länger ist.

Diese Ergebnisse treffen nur zu für den Vergleich von Versuchsreihen mit einander entsprechenden Vorschubkräften. Die absolut kürzesten Ausbohrzeiten ergeben sich dagegen bei den Versuchsreihen "Bohren mit Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min.", wenn eine Vorschubkraft von 400p benützt wird, und zwar deshalb, weil Vorschubkräfte in dieser Höhe bei der Turbine als Folge ihres zu niedrigen Drehmomentes unmöglich zur Anwendung kommen können.

4.4.3. Bohrperiode 60/Min. - Bohrperiode 150/Min.

Aus Abbildung 5 und 6 wird deutlich:
Der Temperaturanstieg ist höher, wenn die Turbine mit einer Bohrperiode von 60/Min. benützt wird, er nimmt ab, wenn eine Bohrperiode von 150/Min. gewählt wird.

Bei Anwendung des Schnellaufwinkelstückes ist beim Vergleich der Versuchsreihen "Bohren ohne Kühlung" bei einer Vorschubkraft von 100p, 200p und 400p ein signifikant höherer Temperaturanstieg, bei einer Vorschubkraft von 50p die Tendenz zu einem höheren, bei einer Vorschubkraft von 30p und 300p die Tendenz zu einem niedrigeren Temperaturanstieg zu verzeichnen, wenn mit einer Bohrperiode von 60/Min. gearbeitet wird.

Beim Vergleich der Versuchsreihen "Bohren mit Kühlung" ist bei Anwendung des Schnellaufwinkelstückes mit einer Vorschubkraft von 30p bzw. 400p die Tendenz zu einem höheren Temperaturanstieg, bei einer Vorschubkraft von 50p, 100p, 200p und 300p die Tendenz zu einem niedrigeren Temperaturanstieg zu verzeichnen, wenn mit einer Bohrperiode von 60/Min. gearbeitet wird.

Aus Abbildung 7 und 8 wird deutlich:
Die Ausbohrzeit ist länger, wenn die Turbine mit einer Bohrperiode von 60/Min. benützt wird, sie nimmt ab, wenn eine Bohrperiode von 150/Min. gewählt wird.

Bei Anwendung des Schnellaufwinkelstückes ist beim Vergleich der Versuchsreihen "Bohren ohne Kühlung" bei einer Vorschubkraft von 30p eine signifikant kürzere, bei einer Vorschubkraft von 50p, 100p, 200p, 300p und 400p eine signifikant längere Ausbohrzeit zu verzeichnen, wenn mit einer Bohrperiode von 60/Min. gearbeitet wird.

Beim Vergleich der Versuchsreihen "Bohren mit Kühlung" ist bei Anwendung des Schnellaufwinkelstückes mit einer Vorschubkraft von 30p, 100p und 300p eine signifikant längere, bei einer Vorschubkraft von 200p die Tendenz zu einer längeren, bei einer Vorschubkraft von 50p bzw. 400p eine signifikant kürzere Ausbohrzeit zu verzeichnen, wenn mit einer Bohrperiode von 60/Min. gearbeitet wird.

4.4.4. Vorschubkraft 30p - 50p - 100p - 200p - 300p - 400p

Aus Abbildung 5 und 6 wird deutlich:
Bei den Versuchsreihen "Bohren mit Kühlung" nimmt mit zunehmender Belastung bis zu einem Wert von 100p im Falle der Turbine, bzw. bis zu einem Wert von 400p im Falle des Schnellaufwinkelstückes der Temperaturanstieg zu.
Bei den Versuchsreihen "Bohren ohne Kühlung" nimmt mit zunehmender Belastung bis zu einem Wert von 100p im Falle der Turbine und des Schnellaufwinkelstückes der

Temperaturanstieg ab, während mit zunehmender Belastung bis zu einem Wert von 400p im Falle des Schnellaufwinkelstückes eine Zunahme des Temperaturanstieges zu verzeichnen ist.
Auffällig ist, daß bei Anwendung der Turbine ohne Kühlung mit einer Bohrperiode von 150/Min. und einer Vorschubkraft von 50p der Wert für den Temperaturanstieg relativ niedrig ist.

Aus Abbildung 7 und 8 wird deutlich:
Die Ausbohrzeit nimmt mit zunehmender Belastung ab.
Auffällig ist, daß bei Anwendung des Schnellaufwinkelstückes mit einer Bohrperiode von 60/Min. und einer Vorschubkraft von 200p bei der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung", bei einer Vorschubkraft von 100p bei der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung" der Wert für die Ausbohrzeit relativ hoch ist.

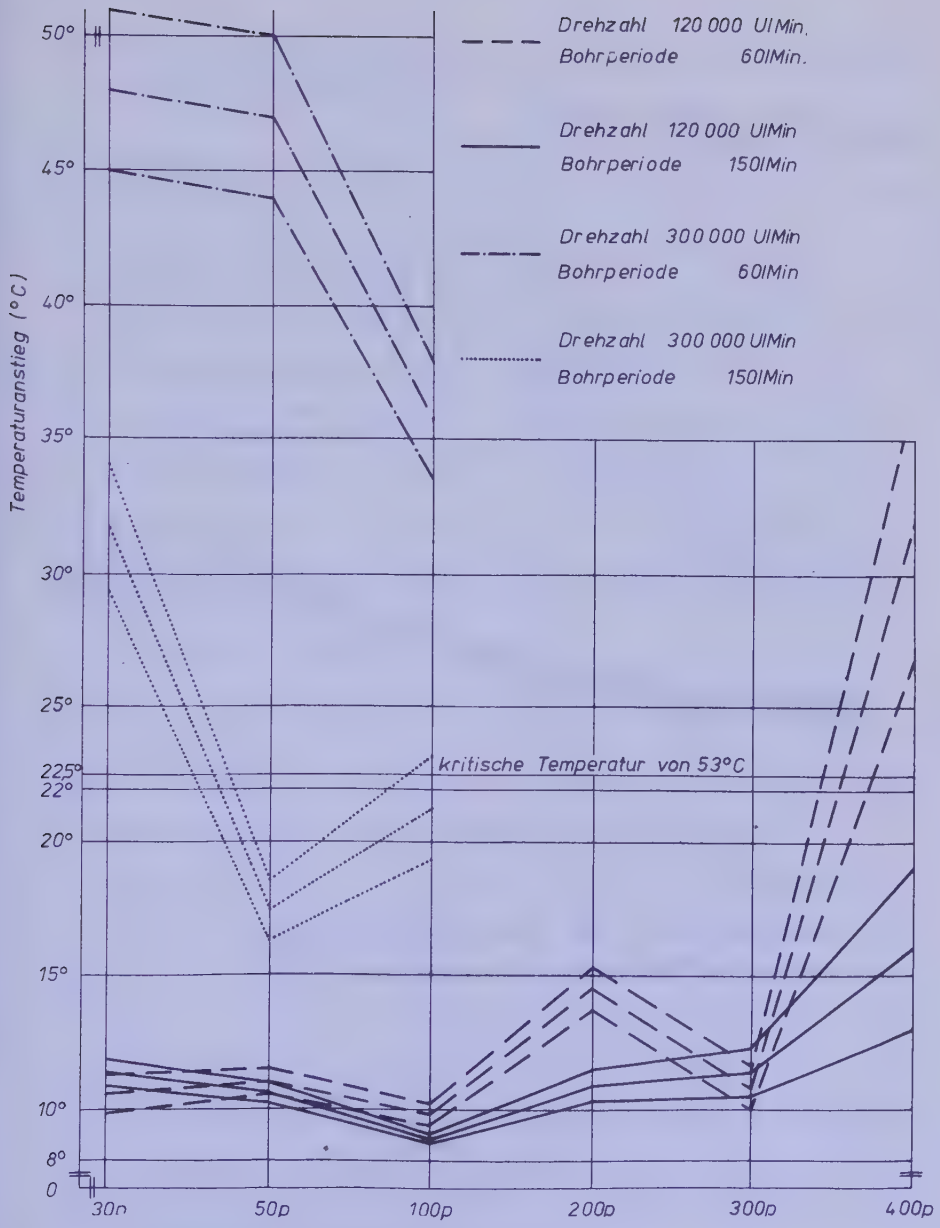

ABBILDUNG 5

Die Mittelwerte für den Temperaturanstieg der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung" (vgl.S.33)

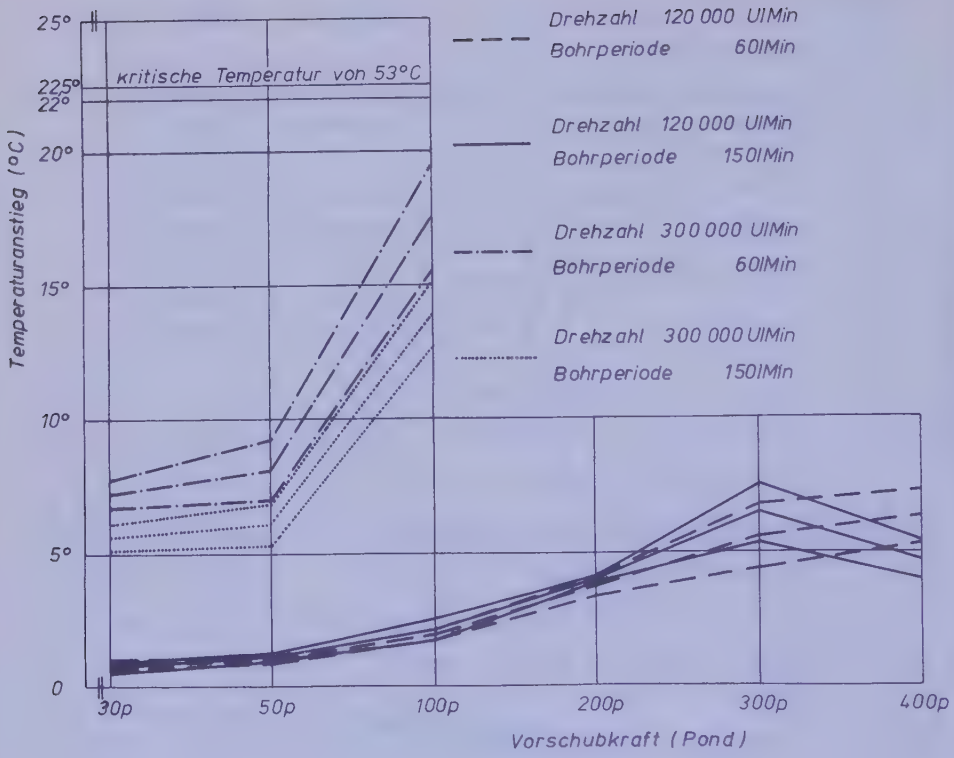

ABBILDUNG 6

Die Mittelwerte für den Temperaturanstieg der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung" (vgl.S.33)

Zu den Abbildungen 5 und 6:

ABBILDUNG 5

Die Mittelwerte für den Temperaturanstieg der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung" bei einer Temperatur in der Künstlichen Mundhöhle von 30,5°C bis 31,0°C und einer Ausbohrstrecke von 2 mm (Tabelle 1 - 4)

- Graphische Darstellung der Werte mit ihrem Vertrauensbereich
- Die 0°C-Linie (Abszisse) entspricht der Mundhöhlentemperatur von 30,5°C bis 31,0°C
- Die 22,5°C-Linie bzw. 22,0°C-Linie entspricht der Kritischen Temperatur von 53,0°C.

ABBILDUNG 6

Die Mittelwerte für den Temperaturanstieg der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung" bei einer Temperatur in der Künstlichen Mundhöhle von 30,5°C bis 31,0°C und einer Ausbohrstrecke von 2 mm (Tabelle 5 - 8)

- Graphische Darstellung der Werte mit ihrem Vertrauensbereich
- Die 0°C-Linie (Abszisse) entspricht der Mundhöhlentemperatur von 30,5°C bis 31,0°C
- Die 22,5°C-Linie bzw. 22,0°C-Linie entspricht der Kritischen Temperatur von 53,0°C.

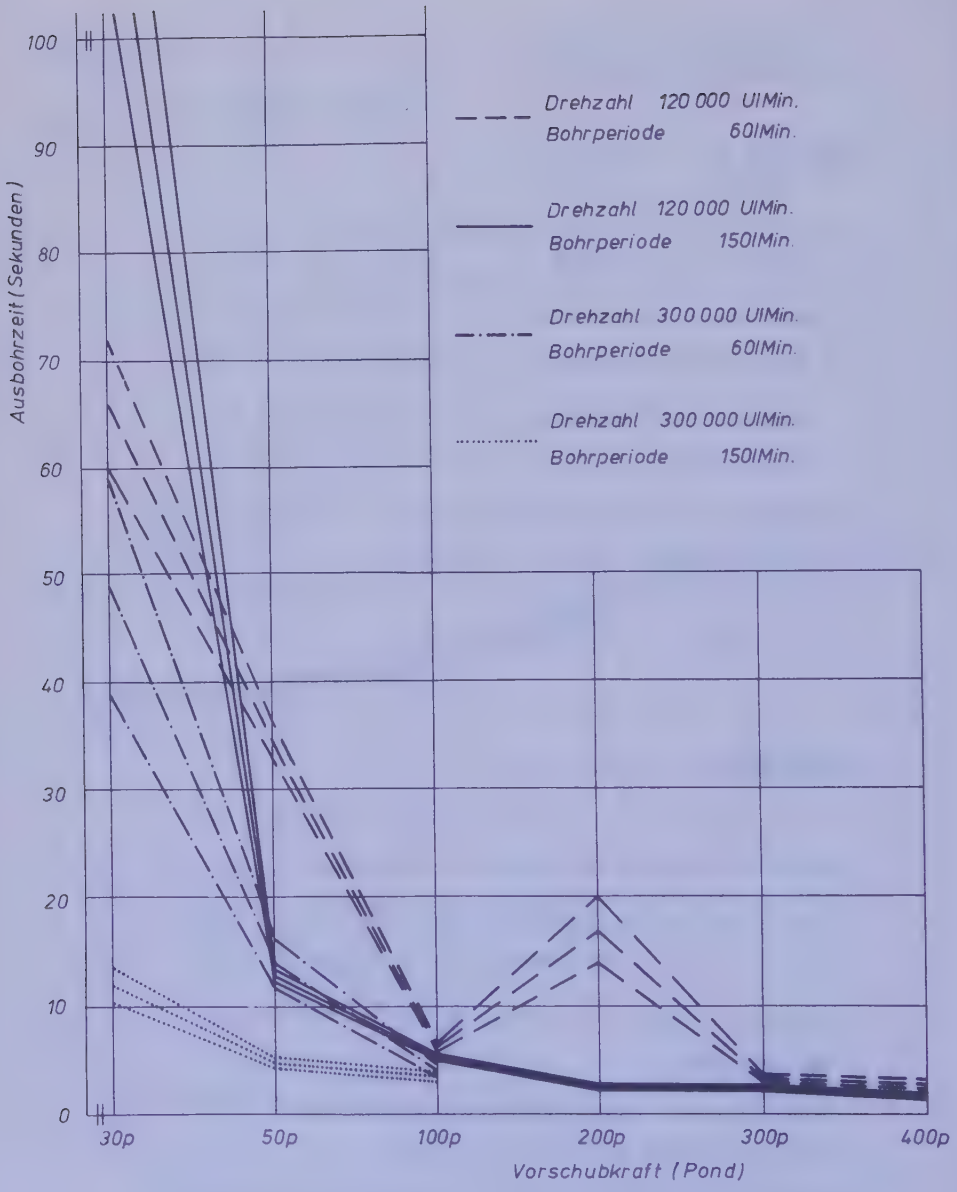

ABBILDUNG 7

Die Mittelwerte für die Ausbohrzeiten der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung" (vgl. S. 36)

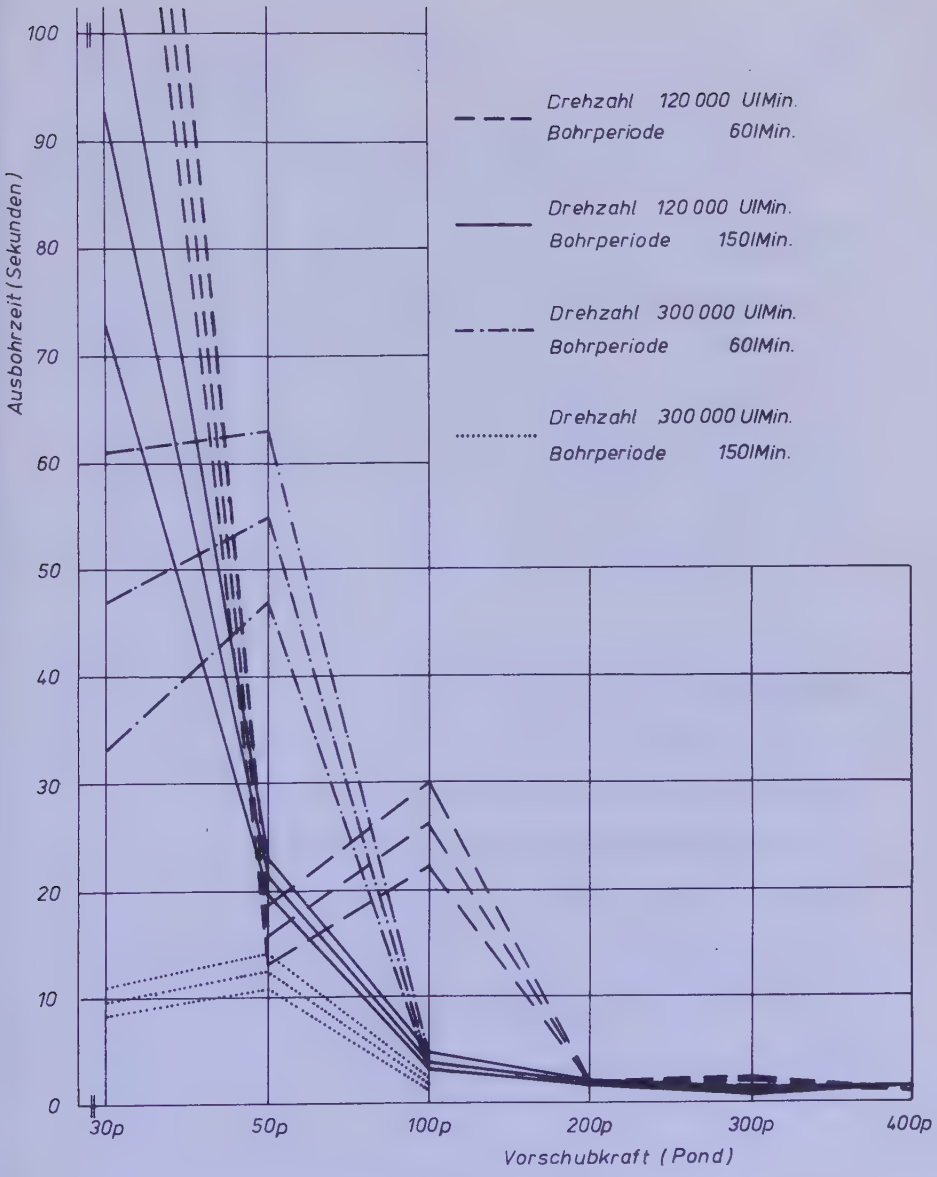

ABBILDUNG 8

Die Mittelwerte für die Ausbohrzeiten der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung" (vgl. S. 36)

Zu den Abbildungen 7 und 8:

ABBILDUNG 7

Die Mittelwerte für die Ausbohrzeiten der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung" bei einer Temperatur in der Künstlichen Mundhöhle von 30,5°C bis 31,0°C und einer Ausbohrstrecke von 2 mm (Tabelle 1 - 4)

- Graphische Darstellung der Werte mit ihrem Vertrauensbereich.

ABBILDUNG 8

Die Mittelwerte für die Ausbohrzeiten der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung" bei einer Temperatur in der Künstlichen Mundhöhle von 30,5°C bis 31,0°C und einer Ausbohrstrecke von 2 mm (Tabelle 5 - 8)

- Graphische Darstellung der Werte mit ihrem Vertrauensbereich.

5. DISKUSSION

Die Frage "Präparation und Gewebeschädigung" wird in zahlreichen Beiträgen verschiedener Autoren (1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32) schon seit langem diskutiert.

In der vorliegenden Arbeit wurden von uns in einer künstlichen Mundhöhle (23, 25) an genormten Amalgamfüllungen (11) die beim Bohren auftretenden Temperaturen und die entsprechenden Ausbohrzeiten in Abhängigkeit von Kühlung, Drehzahl, Bohrperiode und Vorschubkraft in 360 Einzelversuchen und 36 Versuchsreihen gemessen. Vergleicht man unsere Ergebnisse mit denjenigen dieser anderen Autoren, so zeigt sich folgendes:

1. Der geringe Temperaturanstieg beim Ausbohren der Amalgamprüfkörper unter Kühlung mit Wasser entspricht unseren Erwartungen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Feststellungen von PANGIDIS, C. (25). Außerdem können damit entsprechende Untersuchungen von FECHNER, U. (7), FUHR, K. (9), HOFMANN, M. (13,14), POLMAN-MOOY, A.C. (26)

und SCHUBERT, L. (30) bestätigt werden.
Der bei den Naßversuchen fast regelmäßig festzustellende Rückgang der Ausbohrzeiten entspricht ebenfalls den von ADLER, F.(1) und PANGIDIS, C. (25) gefundenen Ergebnissen.

Abweichend fanden wir jedoch bei einer Vorschubkraft von 50p sowie bei einer Drehzahl von 120 000 U/Min. in Kombination mit einer Bohrperiode von 60/Min. und Vorschubkräften von 30p bzw. 100p die kürzeren Ausbohrzeiten bei den Versuchen ohne Kühlung. Als Ursache dafür wird von GÄRTNER, D. (10) der durch den Wasserstrahl hervorgerufene Geschwindigkeitsverlust des Bohrers angegeben, der sich bei niederen Vorschubkräften besonders bemerkbar macht.

2. Der hohe Temperaturanstieg und der Rückgang der Ausbohrzeiten bei Anwendung der Turbine anstelle des Schnellaufwinkelstückes entspricht unseren Erwartungen. Die Ergebnisse von ADLER, F. (1), FECHNER, U. (7), FUHR, K. (9), GÄRTNER, D. (10), PANGIDIS, C. (25), POLMAN-MOOY, A.C. (26) und SCHUBERT, L. (30) können damit bestätigt werden.

3. In Übereinstimmung mit PANGIDIS, C. (25) konnte von uns ein geringerer Temperaturanstieg und kürzere Ausbohrzeiten festgestellt werden, wenn die Bohrperiode von 60/Min. auf 150/Min. erhöht wurde. Da dieses Ergebnis in erster Linie für die Versuche mit der Turbine

zutrifft, sind als mögliche Ursachen die Verbesserung des Wirkungsgrades und der geringere Geschwindigkeitsverlust des Instrumentes zu diskutieren.

4. Bei den Versuchsreihen "Bohren mit Kühlung" und "Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Vorschubkraft 200p, 300p und 400p" wurde von uns ebenso wie von FECHNER, U. (7), FUHR, K. (9), PANGIDIS, C. (25), POLMAN-MOOY, A.C. (26) und SCHUBERT, L. (30) mit zunehmender Belastung ein immer größer werdender Temperaturanstieg gefunden.

In Übereinstimmung mit PANGIDIS, C. (25), abweichend jedoch von den übrigen Autoren, konnten bei den Versuchsreihen "Bohren ohne Kühlung, Vorschubkraft 30p, 50p und 100p" immer geringere Temperaturen festgestellt werden. Die Erklärung für dieses Ergebnis ist darin zu suchen, daß bei einer Vorschubkraft von 100p nur wenig Reibungswärme erzeugt wird und die von uns vorgegebene Bohrtiefe von 2 mm bereits relativ schnell erreicht ist. Der Prüfkörper erwärmt sich demnach nur wenig.

Der mit zunehmender Belastung sich zeigende Rückgang der Ausbohrzeiten deckt sich mit den Ergebnissen von ADLER, F. (1), GÄRTNER, D. (10) und PANGIDIS, C. (25).

Während PANGIDIS, C. (25) seine Messungen bei einer Bohrtiefe von 1 mm vornahm, wurde bei unseren Untersuchungen die Bohrtiefe auf einen Wert von 2 mm verdoppelt. Vergleicht man unsere Ergebnisse mit den Er-

gebnissen von PANGIDIS, C. (25) in Bezug auf die Größe der Bohrtiefe, so zeigt sich:

1. Die bei einer Bohrtiefe von 2 mm gefundenen Werte für den Temperaturanstieg liegen in der Regel höher als die Werte von PANGIDIS, C. (25). Dies entspricht unseren Erwartungen.

Abweichungen zeigen sich jedoch bei der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung",wenn das Schnellaufwinkelstück mit Vorschubkräften von 100p bzw. bei der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung", wenn das Schnellaufwinkelstück mit Vorschubkräften von 50p und 100p zur Anwendung kommt. In diesen Fällen ergaben sich trotz größerer Bohrtiefe niedrigere Werte für den Temperaturanstieg.

2. Die bei einer Ausbohrstrecke von 2 mm gefundenen Werte für die Ausbohrzeiten liegen höher als die Werte von PANGIDIS, C. (25), wenn Vorschubkräfte von 30p bzw. 50p angewandt werden. Bei Vorschubkräften von 100p bis 400p dagegen liegen unsere Werte niedriger als die von PANGIDIS, C. (25).

Eine Erklärung für diese Ergebnisse ist nur möglich, wenn angenommen werden kann, daß die von uns benützten Amalgamprüfkörper eine geringere Härte aufwiesen. Unter dieser Voraussetzung ist es denkbar, daß bei Vorschubkräften von 50p bis 100p der durch die vergrößerte Bohr-

tiefe verursachte Zeitverlust durch die geringere Härte des Amalgams gerade aufgehoben wurde, d.h. in diesem eng begrenzten Bereich können die Werte für die Ausbohrzeiten als nahezu gleich angenommen werden. Da nun bei geringerer Härte auch die Erzeugung von Reibungswärme abnimmt, müssen bei gleichen Ausbohrzeiten zwangsläufig niedrigere Werte für den Temperaturanstieg gemessen werden.

Betrachtet man unsere Werte für den Temperaturanstieg in Bezug auf die "Kritische Temperatur" von 53°C (4,12,20,21,28), die Werte für die Ausbohrzeiten in Bezug auf das unterschiedliche Drehmoment von Turbine und Schnellaufwinkelstück (6), so zeigt sich, unter welchen Bedingungen eine Gefährdung der verschiedenen Zahngewebe durch die beim Ausbohren von Amalgamfüllungen entstehende Reibungswärme zu verhindern, rationelle Arbeitsweise jedoch trotzdem zu erreichen ist:

1. Die Werte für den Temperaturanstieg liegen weit über der Kritischen Temperatur von 53°C, wenn die Turbine ohne Kühlung mit einer Bohrperiode von 60/Min. bzw. mit einer Bohrperiode von 150/Min. und einer Vorschubkraft von 30p benützt wird. Bei Anwendung der Turbine bei einer Bohrperiode von 150/Min. und einer Vorschubkraft von 50p und 100p liegen die Werte knapp unter der Kritischen Grenze.

Die Werte für den Temperaturanstieg liegen weit unter der Kritischen Grenze von 53°C, wenn das Schnellaufwinkelstück ohne Kühkung mit einer Vorschubkraft bis zu 300p benützt wird. Bei Anwendung des Schnellaufwinkelstückes mit einer Bohrperiode von 60/Min. und einer Vorschubkraft von 400p liegt der Wert weit über, mit einer Bohrperiode von 150/Min. und einer Vorschubkraft von 400p knapp unter der Kritischen Grenze.

BEI ANWENDUNG DES SCHNELLAUFWINKELSTÜCKES BIS ZU EINER VORSCHUBKRAFT VON 300p IST ALSO AUCH OHNE KÜHLUNG MIT KEINERLEI GEFÄHRDUNG DER VERSCHIEDENEN ZAHNGEWEBE ZU RECHNEN.

2. Die Werte für den Temperaturanstieg liegen knapp unter der Kritischen Temperatur von 53°C, wenn die Turbine mit Kühlung und einer Vorschubkraft von 100p benützt wird.
Bei Anwendung der Turbine mit einer Vorschubkraft bis zu 50p liegen die Werte weit unter der Kritischen Grenze.
Die Werte für den Temperaturanstieg liegen weit unter der Kritischen Temperatur von 53°C, wenn das Schnellaufwinkelstück mit Kühlung benützt wird.

BEI ANWENDUNG DES SCHNELLAUFWINKELSTÜCKES MIT KÜHLUNG UND EINER VORSCHUBKRAFT BIS ZU 400p ODER DER TURBINE MIT KÜHLUNG UND EINER VORSCHUBKRAFT BIS ZU 50p IST ALSO MIT KEINERLEI GEFÄHRDUNG DER VERSCHIEDENEN ZAHNGEWEBE ZU RECHNEN.

3. Die Werte für die Ausbohrzeiten sind bei Anwendung der Turbine kleiner, wenn sie mit den entsprechenden Werten für das Schnellaufwinkelstück, d.h. mit den Werten bei gleichen Vorschubkräften, verglichen werden.

Als Ausnahme zeigt sich, daß beim Vergleich der Versuchsreihen "Bohren mit Kühlung, Bohrperiode 60/Min." bei einer Vorschubkraft von 50p die Ausbohrzeit für die Turbine länger ist.

4. Die absolut kürzesten Werte für die Ausbohrzeiten ergeben sich bei Anwendung des Schnellaufwinkelstückes, wenn Vorschubkräfte von 400p benützt werden.

BEI ANWENDUNG DES SCHNELLAUFWINKELSTÜCKES IST ALSO RATIONELLERES ARBEITEN MÖGLICH, DA AUF GRUND DES HÖHEREN DREHMOMENTES HÖHERE VORSCHUBKRÄFTE ZUR ANWENDUNG KOMMEN KÖNNEN.

6. PRAKTISCHE BEDEUTUNG DER ERGEBNISSE

Für die Entfernung alter Amalgamfüllungen muß maximale Gewebeschonung bei minimalem Zeitaufwand gefordert werden.

Unsere Ergebnisse zeigen den niedrigsten Temperaturanstieg, beim Bohren mit Wasserkühlung, wenn das Schnellaufwinkelstück (120 000 U/Min.) mit einer Vorschubkraft von 30p benützt wird. Hierbei ergeben sich Werte von $0,7^{o}C \pm 0,2^{o}C$ bei einer Bohrperiode von 150/Min. bzw. $0,8^{o}C \pm 0,2^{o}C$ bei einer Bohrperiode von 60/Min. (Tabelle 5 und 6, Abbildung 6).

Die entsprechenden Ausbohrzeiten dagegen liegen mit Werten von 93,0 s $\pm$ 20,0 s bei einer Bohrperiode von 150/Min. bzw. 211,0 s $\pm$ 24,0 s bei einer Bohrperiode von 60/Min. extrem hoch, sodaß die Anwendung von Vorschubkräften um 30p aus Gründen der Rationalisierung nicht zu vertreten ist (Tabelle 5 und 6, Abbildung 8).

Umgekehrt zeigt sich die kürzeste Ausbohrzeit beim Bohren mit Wasserkühlung, wenn das Schnellaufwinkelstück (120 000 U/Min.) mit einer Vorschubkraft von 400p benützt wird. Hierbei ergeben sich Werte 1,0 s $\pm$ 0,0 s bei einer Bohrperiode von 60/Min. bzw. von 1,2 s $\pm$ 0,0 s bei einer Bohrperiode von 150/Min. (Tabelle 5 und 6, Abbildung 8).

Der entsprechende Temperaturanstieg liegt außerdem mit Werten von 6,3°C ± 1,0°C bei einer Bohrperiode von 60/Min. bzw. von 4,7°C ± 0,7°C in vertretbaren Grenzen, sodaß die o.g. Forderungen hinsichtlich Gewebeschonung und Zeitaufwand durchaus zu erfüllen wären (Tabelle 5 und 6, Abbildung 6).

Gegen eine Vorschubkraft von 400p spricht allerdings, daß der Kraftaufwand für den Behandler außerordentlich hoch wäre, sodaß auch diese Arbeitstechnik aus Gründen der Ergonomie nicht für ratsam erscheint.

Verfolgen wir nun den Gedanken der Ergonomie weiter, so halten wir für das Ausbohren von Amalgamfüllungen einen Bohrdruck von 200p sowohl für den Patienten als auch für den Zahnarzt für zumutbar und üblich.

Ein Vergleich sämtlicher Ergebnisse zeigt, daß bei einer Vorschubkraft von 200p der Temperaturanstieg mit Werten von 3,7°C ± 0,4°C bei einer Bohrperiode von 60/Min. bzw. von 4,0°C ± 0,1°C bei einer Bohrperiode von 150/Min. am geringsten ist, wenn mit dem Schnellaufwinkelstück (120 000 U/Min.) unter Wasserkühlung gearbeitet wird (Tabelle 5 und 6, Abbildung 6).

Die Ausbohrzeiten sind mit Werten von 2,0 s ± 0,0 s bei einer Bohrperiode von 60/Min. bzw. von 1,8 s ± 0,2 s bei einer Bohrperiode von 150/Min. ebenfalls am kürzesten,

sodaß uns die Kombination von Schnellaufwinkelstück (120 000 U/Min.) mit Wasserkühlung und einer Vorschubkraft von 200p für die praktische Arbeit am Patienten sowohl im Hinblick auf Gewebeschonung und Zeitaufwand als auch unter Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte als optimal erscheint. Dabei zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Anwendung einer Bohrperiode von 60/Min. und 150/Min. (Tabelle 5 und 6, Abbildung 8).

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden die beim Ausbohren von Amalgamfüllungen entstehenden Temperaturen sowie die entsprechenden Ausbohrzeiten in Abhängigkeit von Kühlung, Drehzahl, Bohrperiode und Vorschubkraft untersucht. In 36 Versuchsreihen wurden 360 Einzelversuche an genormten Amalgamfüllungen in einer künstlichen Mundhöhle mit Hilfe einer geeigneten Bohrmaschine durchgeführt. Die gewählte Bohrtiefe betrug grundsätzlich 2 mm.
Hierbei zeigte sich:

1. Eine Schädigung der verschiedenen Zahngewebe kann verhindert werden durch Anwendung
   - des Schnellaufwinkelstückes (120 000 U/Min.) mit Wasserkühlung bis zu einer Vorschubkraft von 400p,
   - des Schnellaufwinkelstückes (120 000 U/Min.) ohne Wasserkühlung bis zu einer Vorschubkraft von 300p,
   - der Turbine (300 000 U/Min.) mit Wasserkühlung bis zu einer Vorschubkraft von 50p.

2. Rationelles Arbeiten ohne Gefährdung der verschiedenen Zahngewebe ist möglich durch Anwendung
   - des Schnellaufwinkelstückes (120 000 U/Min.) mit Wasserkühlung bei Vorschubkräften von 200p bis 400p,
   - des Schnellaufwinkelstückes (120 000 U/Min.) ohne Wasserkühlung bei einer Vorschubkraft von 300p.

8. LITERATURVERZEICHNIS

(1) ADLER, F.:
Über Hartmetallbohrer und den Einfluß von Vorschubkraft und Drehzahl beim Fräsen von Amalgam und Elfenbein.
In EICHNER, K. "Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen".
München: Carl Hanser 1966, S. 20-28.

(2) BARTLING, G.:
Untersuchungen über Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Zahnärztlichen Stahl- und Hartmetallbohrer.
Dtsch.zahnärztl.Z. 9, 715-724 (1954 II).

(3) CAVALI-SFORZA, L.:
Biometrie, Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik. Stuttgart: Gustav Fischer 1969.

(4) DE APRILE, E.C.:
Effect of Heat on the Dental Pulp.
Brit.dent.J. 74, 322-323 (1943).

(5) Grundbegriffe der Meßtechnik, Begriffe für die Fehler beim Messen. DIN 1319, Blatt 3 u. 4 (1968).

(6) EICHNER, K.:
Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen.
München: Carl Hanser 1966, S. 1-19 u. 103-109.

(18) LAMPERT, F. und K. HAHNE:
Vergleichende Untersuchungen der Leistungsfähigkeitdes Ein- und Zweidüsenkühlsystems von Turbinen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 29, 1046-1050 (1974 II).

(19) LAURICHESSE, J.M. et J. BUQUET:
Reactions pulpaires et préparations prothetiques sur dent pulpée.
Cahiers de Prothèse 2, 75-82 (1973).

(20) LISANTI, V.F. and H.A. ZANDER:
Thermal Injury to Normal Dog Teeth: in vivo Measurements of pulp Temperature Increases and their effect on the pulp tissue.
J.dent.Res. 31, 548-558 (1952).

(21) LISANTI, V.F. and H.A. ZANDER:
Thermal Conductivity of Dentin.
J.dent.Res. 29, 493-497 (1950).

(22) MAYER, A.:
Ist die Turbine bzw. die Drehzahl von 200 000 U/Min. bis 400 000 U/Min. heute überholt?
Zahnärztl.Mitt. 60, 1216 (1970).

(23) MAYER, R.:
Eine Methode zur Messung des Quecksilberdampfdruckes insbesondere bei zahnärztlichen Verrichtungen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 21, 799-803 (1966 II).

(24) MAYER, R.:

(a) Arbeitshygienische Untersuchungen bei der Verarbeitung von Silber-Zinn-Quecksilberlegierungen am Zahnärztlichen Arbeitsplatz.
Dtsch.zahnärztl.Z. 30, 181-188 (1975 I).

(b) Arbeitshygienische Untersuchungen bei der Verarbeitung von Silber-Zinn-Quecksilberlegierungen in der Mundhöhle.
Dtsch.zahnärztl.Z. 30, 246-253 (1975 I).

(25) PANGIDIS, C.:

Temperaturmessungen bei der Entfernung von Amalgamfüllungen.
Tübingen: Med. Diss. 1971.

(26) POLMAN-MOOY, A.C.:

Temperaturmessungen an Zahnhartsubstanzen beim normal-, hoch- und höchsttourigen Schleifen.
In EICHNER, K. "Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen".
München: Carl Hanser 1966, S. 65-70.

(27) RATEITSCHAK, K.H., K.G. KÖNIG und H.R. MÜHLMANN:

Histologische Pulpenreaktionen auf hoch- und höchsttourige Kavitätenpräparation.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 69, 477-488 (1959).

(28) RAUBER, G.:

Die Wirkung der Reibungswärme auf das Dentin.
Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 806-811 (1962 I).

(29) RIETHE, P.:

Präparation und Pulpa.

Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 695-704 (1969 II).

(30) SCHUBERT, L.:

Temperaturmessungen im Zahn während des Schleif- und Bohrvorganges mittels des Lichtstrich-galvanometers.

Zahnärztl. Welt/Reform 58, 443-445 (1957).

(31) STEIN, U.:

Die thermischen und mechanischen Einflüsse auf die Zahnhartsubstanzen durch normal-, hoch- und höchsttourige Präparation.

In EICHNER, K. "Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen".

München: Carl Hanser 1966, S. 82-91.

(32) TRONSTADT, L. and T. LEIDAL:

Scanning electron microscopy of cavity margins finished with chisels or rotating instruments at low speed.

J.dent.Res. 53, 1167 (1974) und

J.dent.Res. 54, 152 (1975).

(33) WEDER, M.:

Über die Veränderung der Pulpa des menschlichen Zahnes nach Beschleifen mit hohen Geschwindigkeiten.

In EICHNER, K. "Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen".

München: Carl Hanser 1966, S. 92-102.

9. ANHANG

Die Ergebnisse der Einzelversuche

- Zusammenstellung in Tabellen -

TABELLE 9

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe

"Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung (Pond)																							
30p				50p				100p				200p				300p				400p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30,7	40,1	9,4	80	30,6	41,9	11,3	33	30,8	41,5	10,7	6,0	30,6	43,3	12,7	10	30,6	41,5	10,9	3,0	30,5	61,3	30,8	3,5
30,7	40,6	9,9	61	30,7	42,1	11,4	38	30,8	40,5	9,7	6,0	30,6	44,8	14,2	11	30,6	41,9	11,3	3,5	30,5	61,0	30,5	2,5
30,7	40,7	10,0	75	30,6	40,9	10,3	35	30,8	40,6	9,8	5,5	30,7	45,6	14,9	18	30,6	42,8	12,2	4,0	30,5	67,0	36,5	2,5
30,6	40,4	9,8	69	30,6	42,5	11,9	32	30,8	39,6	8,8	6,5	30,6	43,8	13,2	15	30,6	40,5	9,9	3,0	30,5	54,3	23,8	2,5
30,8	40,5	9,7	74	30,7	42,5	11,8	34	30,8	40,7	9,9	7,0	30,6	44,7	14,1	17	30,6	41,4	10,8	3,0	30,5	64,5	34,0	2,5
30,7	42,7	12,0	60	30,7	42,2	11,5	32	30,8	41,1	10,3	5,5	30,7	46,8	16,1	20	30,6	40,0	9,4	3,0	30,6	55,3	24,7	2,5
30,8	42,3	11,5	54	30,7	41,9	11,2	39	30,8	40,1	9,3	5,5	30,6	45,9	15,3	23	30,6	42,8	12,2	3,0	30,5	67,7	37,2	2,5
30,8	41,8	11,0	65	30,8	41,5	10,7	36	30,8	40,3	9,5	5,5	30,7	45,9	15,2	20	30,6	41,2	10,6	3,0	30,6	73,0	42,4	3,5
30,8	41,5	10,7	67	30,7	40,8	10,1	33	30,8	41,4	10,6	6,5	30,6	45,7	15,1	16	30,6	42,8	12,2	4,0				
30,8	42,9	12,1	54	30,7	40,5	9,8	35	30,8	40,5	9,7	5,5					30,6	39,5	8,9	3,0				

1 = Anfangstemperatur (°C) 2 = Endtemperatur (°C) 3 = Temperaturanstieg (°C) 4 = Ausbohrzeit (s)

TABELLE 10

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe

"Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung (Pond)																							
30p				50p				100p				200p				300p				400p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30,6	42,6	12,0	156,4	30,7	41,6	10,9	13,0	30,7	39,8	9,1	5,4	30,6	40,4	9,8	2,8	30,6	41,5	10,9	2,8	30,6	43,5	12,9	1,6
30,6	42,4	11,8	152,0	30,7	41,4	10,4	12,8	30,6	39,5	8,9	5,0	30,6	42,5	11,9	2,6	30,6	43,6	13,0	2,6	30,7	51,6	20,9	1,8
30,7	41,1	10,4	105,2	30,7	41,5	10,8	12,0	30,6	39,6	9,0	4,8	30,6	40,8	10,2	2,6	30,6	41,4	10,8	2,4	30,8	42,0	11,2	1,6
30,6	42,1	11,5	123,2	30,7	41,0	10,4	12,0	30,6	39,5	8,9	5,4	30,6	41,5	10,9	2,6	30,6	43,3	12,7	2,4	30,7	43,5	12,8	2,0
30,6	41,0	10,4	116,0	30,7	41,9	11,2	13,6	30,6	39,3	8,7	4,6	30,6	41,6	11,0	2,2	30,7	42,7	12,0	2,4	30,6	42,8	12,2	1,8
30,7	42,3	11,6	120,0	30,7	41,1	10,4	12,0	30,6	40,0	9,4	5,4	30,6	42,1	11,5	2,4	30,6	40,0	9,4	2,4	30,6	43,5	12,9	2,0
30,7	43,1	12,4	108,0	30,7	40,6	9,9	13,8	30,6	39,3	8,7	5,8	30,6	42,0	11,4	2,8	30,6	43,0	12,4	2,8	30,5	51,8	21,3	1,8
30,6	42,4	11,8	111,2	30,7	42,4	11,5	13,8	30,6	39,4	8,8	4,8	30,6	39,8	9,2	2,6	30,7	40,1	9,4	2,4	30,5	54,4	23,9	1,8
30,6	41,6	11,0	102,4	30,7	41,0	10,3	12,8	30,7	39,4	8,7	5,4	30,6	41,4	10,8	2,8	30,6	41,6	11,0	1,8	30,6	44,6	14,0	1,8
								30,6	39,8	9,2	6,0	30,6	42,4	11,8	2,8	30,7	42,9	12,2	2,8	30,7	47,5	16,8	2,2

1 = Anfangstemperatur (°C) 2 = Endtemperatur (°C) 3 = Temperaturanstieg (°C) 4 = Ausbohrzeit (s)

TABELLE 11

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min." bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung											
30p				50p				100p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
31,0	75,8	44,8	66	31,0	72,3	41,3	12,0	30,6	65,8	35,2	3,0
30,8	70,5	39,7	64	31,0	75,3	44,3	12,5	30,6	66,5	35,9	3,5
31,0	83,9	52,9	30	31,0	79,9	48,9	13,5	30,6	64,5	33,9	4,0
31,0	81,8	50,8	55	31,0	80,8	49,8	17,5	31,0	63,7	32,7	5,0
31,0	82,5	51,5	60	31,0	81,1	50,9	18,5	30,6	68,0	37,4	2,5
31,0	78,0	47,0	63	31,0	70,5	39,5	11,0	30,5	63,8	33,3	4,5
31,0	85,8	54,8	37	31,0	77,8	46,8	15,5	30,5	62,2	31,7	4,5
31,0	77,6	46,6	37	31,0	80,5	49,5	11,0	30,5	66,8	36,3	4,5
30,7	78,0	47,3	30	31,0	81,5	50,5	18,5	30,5	70,9	40,4	4,0
30,7	79,3	48,6	47					30,8	71,3	40,5	5,0

TABELLE 12

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe "Bohren ohne Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min." bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung											
30p				50p				100p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30,5	63,2	32,7	10,8	31,0	48,7	17,7	4,4	30,8	54,5	23,6	2,8
31,0	57,6	25,6	9,6	30,5	47,0	16,5	5,6	30,5	48,0	17,5	3,2
30,5	62,9	32,4	14,4	30,5	46,5	16,0	5,6	30,7	55,2	24,5	4,8
31,0	58,0	27,0	10,8	30,5	45,8	15,3	4,0	31,0	48,9	17,9	3,2
31,0	62,5	31,5	12,4	30,5	50,7	20,2	5,6	31,2	51,8	20,6	4,4
30,5	62,9	32,4	9,6	30,5	47,5	17,0	4,0	31,0	50,3	19,3	3,6
31,0	66,8	35,8	14,0	30,5	47,2	16,7	4,4	31,0	55,5	24,5	3,2
30,5	63,9	33,4	14,8	30,5	47,3	16,8	4,4	30,8	52,3	21,5	3,2
30,5	65,0	34,5	13,2	30,5	50,2	19,7	4,8	31,1	54,0	22,9	3,6
				30,5	49,0	18,5	4,0	30,8	50,5	19,7	2,8

1 = Anfangstemperatur (°C) 2 = Endtemperatur (°C) 3 = Temperaturanstieg (°C) 4 = Ausbohrzeit (s)

TABELLE 13

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min." bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung											
30p				50p				100p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
34,4	42,2	7,8	46	32,3	42,0	9,7	43	34,0	48,0	14,0	3,0
34,3	42,1	7,8	32	33,0	43,2	10,2	69	33,3	51,0	17,7	4,0
34,2	42,1	7,9	33	33,3	42,0	8,7	66	32,1	48,1	16,0	4,0
34,1	41,2	7,1	50	33,0	42,0	9,0	40	32,0	50,4	18,4	2,5
34,3	40,9	6,6	92	33,0	40,0	7,0	44	33,2	47,0	13,8	4,0
34,1	42,0	7,9	36	32,8	41,4	8,6	48	33,0	49,0	16,0	4,0
34,3	41,3	7,0	32	33,1	39,0	5,9	51	33,2	50,5	17,3	4,0
34,1	41,6	7,5	31	33,1	41,0	7,9	66	33,2	53,8	20,6	3,5
34,1	39,8	5,7	54	33,0	40,8	7,8	55	33,0	54,8	21,8	3,5
34,1	41,0	6,9	66	33,1	39,0	5,9	70	33,5	54,0	20,5	3,5

TABELLE 14

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe "Bohren mit Kühlung, Drehzahl 300 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min." bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung											
30p				50p				100p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
33,4	38,5	5,1	10,8	34,0	38,4	4,4	10,4	33,5	46,1	12,6	1,2
33,9	38,7	5,8	8,8	33,8	41,2	7,4	13,2	33,0	45,2	12,2	1,2
32,8	38,9	6,1	8,8	32,7	39,0	6,3	13,4	32,3	45,0	12,7	1,6
32,8	38,6	5,8	12,0	33,8	38,8	5,0	14,4	32,7	48,5	15,8	2,4
33,2	38,2	5,0	12,4	33,5	40,0	6,5	14,0	33,0	49,4	16,4	1,2
33,8	38,8	5,0	7,2	33,2	39,0	5,8	11,2	32,0	44,5	12,5	1,2
33,4	39,6	6,2	8,8	33,2	40,1	6,9	14,8	33,3	49,5	16,2	2,8
32,5	38,8	6,3	9,6	33,3	39,6	6,3	9,2	33,0	47,0	14,0	2,4
32,9	38,6	5,7	8,8					32,4	46,0	13,6	2,0
								32,3	45,5	13,3	2,0

1 = Anfangstemperatur (°C) 2 = Endtemperatur (°C) 3 = Temperaturanstieg (°C) 4 = Ausbohrzeit (s)

TABELLE 15

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe

"Bohren mit Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 60/Min."

bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung (Pond)																							
30p				50p				100p				200p				300p				400p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30,5	31,3	0,8	179	30,6	31,7	1,1	21	30,4	32,3	1,9	20	30,4	33,9	3,5	2	30,6	34,2	3,6	1	30,5	38,6	8,1	1
30,6	31,9	1,3	206	30,6	31,2	0,6	19	30,6	32,5	1,9	22	30,3	33,9	3,6	2	30,5	38,4	7,9	2	30,6	37,8	7,2	1
30,6	31,5	0,9	185	30,5	31,4	0,9	21	30,8	32,3	1,5	25	30,2	33,7	3,5	2	30,5	35,4	4,9	1	30,6	36,4	5,8	1
30,5	30,9	0,4	236	30,3	31,3	1,0	12	30,7	32,4	1,7	26	30,5	34,6	4,1	2	30,5	36,6	6,1	2	30,5	36,0	5,5	1
30,6	31,0	0,4	212	30,4	31,4	1,0	13	30,3	32,1	1,8	31	30,4	35,2	4,8	2	30,6	36,7	6,1	2	30,4	38,9	8,5	1
30,7	31,4	0,7	184	30,5	31,5	1,0	16	30,4	32,2	1,8	18	30,5	33,5	3,0	2	30,5	38,2	7,7	2	30,5	34,2	3,7	1
30,7	31,4	0,7	227	30,5	31,6	1,1	13	30,5	32,5	2,0	31	30,4	33,8	3,4	2	30,5	35,9	5,4	2	30,4	35,8	5,4	1
30,6	31,5	0,9	258	30,5	31,5	1,0	10	30,4	32,6	2,2	27	30,5	34,2	3,7	2	30,5	35,3	4,8	2	30,5	37,7	7,2	1
				30,5	31,8	1,3	18	30,5	32,6	2,1	34	30,5	34,4	3,9	2	30,5	34,4	3,9	2	30,5	36,4	5,9	1
				30,6	31,9	1,3	13					30,5	34,4	3,9	2					30,5	36,5	6,0	1

1 = Anfangstemperatur (°C) 2 = Endtemperatur (°C) 3 = Temperaturanstieg (°C) 4 = Ausbohrzeit (s)

TABELLE 16

Die Einzelergebnisse der Versuchsreihe

"Bohren mit Kühlung, Drehzahl 120 000 U/Min., Bohrperiode 150/Min."

bei einer Ausbohrtiefe von 2 mm.

Angewandte Belastung (Pond)																							
30p				50p				100p				200p				300p				400p			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30,7	31,0	0,3	55,2	30,7	31,9	1,2	20,8	30,5	32,1	1,6	6,0	30,7	34,9	4,2	1,2	30,7	34,8	4,1	1,2	30,5	36,9	6,4	1,2
30,5	31,2	0,7	99,2	30,5	31,8	1,3	19,6	30,5	32,5	2,0	2,8	30,4	34,1	3,7	1,6	30,5	34,7	4,2	1,2	30,6	34,4	3,8	1,2
30,4	31,0	0,6	91,2	30,5	31,8	1,3	21,6	30,6	32,8	2,2	3,6	30,5	34,4	3,9	2,0	30,5	38,5	8,0	0,8	30,6	35,0	4,4	1,2
30,4	30,8	0,4	97,2	30,5	31,7	1,2	18,8	30,4	32,6	2,2	2,8	30,5	34,2	3,7	1,6	30,6	37,9	7,3	1,2	30,6	34,6	4,0	1,2
30,5	31,3	0,8	84,0	30,8	31,6	0,8	19,6	30,4	33,0	2,6	3,2	30,5	34,5	4,0	2,0	30,6	37,5	6,9	1,2	30,6	34,2	3,6	1,2
30,6	31,5	0,9	149,2	30,3	31,5	1,2	24,0	30,5	32,8	2,3	3,2	30,5	34,5	4,0	1,6	30,4	37,2	6,8	1,2	30,6	36,6	6,0	1,2
30,7	31,4	0,7	66,0	30,3	31,5	0,8	22,4	30,6	33,2	2,6	4,8	30,5	34,5	4,0	2,0	30,5	37,2	6,7	1,2	30,7	36,8	5,9	1,2
30,8	31,8	1,0	101,2	30,4	31,6	1,2	19,6	30,6	31,8	1,2	3,6	30,6	34,5	3,9	2,0	30,5	38,9	8,4	1,2	30,7	35,4	4,7	1,2
30,7	31,4	0,7	95,2	30,5	31,4	0,9	24,8					30,6	34,7	4,1	2,0	30,5	37,9	7,4	1,2	30,7	35,6	4,9	1,2
												30,5	34,6	4,1	2,0	30,7	35,8	5,1	1,2	30,7	34,3	3,6	1,2

1 = Anfangstemperatur (^{o}C) 2 = Endtemperatur (^{o}C) 3 = Temperaturanstieg (^{o}C) 4 = Ausbohrzeit (s)

DANKADRESSE

Zum Schluß dieser Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. R. Mayer meinen Dank für die Durchsicht des Manuskriptes sowie für die Übernahme der Berichterstattung aussprechen.

An Dr. C. Pangidis geht mein besonderer Dank für die Anregung zu dieser Arbeit und für die tatkräftige Unterstützung, sowie für das Überlassen der Versuchsapparatur.

Dem Mechanikermeister der Zahnklinik, Herrn E. Baur, seinem Mitarbeiter Herrn J. Stopper danke ich für die Hilfe bei der Herstellung der benützten "Normfüllungen".

Für die Beratung in Fragen der Statistik, für die Hilfe bei der elektronischen Datenverarbeitung danke ich Herrn Dipl. Phys. D. Lukas.

Dem Technischen Zeichner Herrn E. Lang sei Dank gesagt für die Hilfe bei der Anfertigung der Abbildungen.

LEBENSLAUF

Am 2. September 1949 wurde ich, Roland Österle, als 4. Kind des kaufmännischen Angestellten Eugen Österle und seiner Ehefrau Lotte, in Göppingen geboren.
Nachdem ich vier Jahre die Grundschule in Eislingen/Fils besucht hatte, trat ich am 26. April 1960 in das mathematisch-naturwissenschaftliche Hohenstaufen-Gymnasium in Göppingen ein.
Am 20. Juni 1968 erwarb ich mit dem Reifezeugnis die Berechtigung zum Hochschulstudium und wurde am 14. Oktober desselben Jahres als ordentlicher Studierender des Studienfaches Zahnmedizin in der Universität Tübingen immatrikuliert.

Nachdem ich nach dem 2. Fachsemester die naturwissenschaftliche Vorprüfung bestanden hatte, legte ich nach 5 Semestern die zahnärztliche Vorprüfung ab.
Bis zum 5. Dezember 1973 unterzog ich mich vor dem Prüfungsausschuß in Tübingen der zahnärztlichen Prüfung.
Danach wurde mir am 17. Dezember 1973 die Bestallung als Zahnarzt erteilt.

Von Februar bis Dezember 1974 war ich als Assistenzzahnarzt in einer zahnärztlichen Praxis in Reutlingen tätig.
Anschließend leistete ich meinen Grundwehrdienst als Stabsarzt bei der Bundeswehr ab.
Seit April 1976 bin ich erneut als Assistenzzahnarzt in freier Praxis angestellt.